

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**



Fakulta textilní

**STUDIUM KINETIKY ŽMOLKOVÁNÍ**

Bakalářská práce

Zinaida Zhaldak

Liberec 2013



**STUDIUM KINETIKY ŽMOLKOVÁNÍ**  
**STUDY OF THE KINETICS OF PILLING**

KHT - 936

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

STUDIJNÍ PROGRAM: B3107 / TEXTIL

STUDIJNÍ OBOR: 3107R007 / TEXTILNÍ MARKETING

Autor práce

Zinaida Zhaldak

Vedoucí práce

Ing. Larysa Ocheretna

POČET STRAN TEXTU .....	30
POČET OBRÁZKŮ .....	17
POČET TABULEK .....	6
POČET PŘÍLOH .....	1

LIBEREC 2013

Zde vložen originál zadání.

## **Prohlášení**

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (dále jen TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum                      pátek, 24. května 2013

Podpis                      Zinaida Zhaldak

## **Poděkování**

Děkuji všem, bez nichž bych svou práci asi nikdy nedokončila. Děkuji své vedoucí bakalářské práce Ing. Laryse Ocheretné za konzultace a odborné vedení v průběhu vypracovávání tématu. Dále děkuji svým rodičům a příteli za psychickou a finanční podporu během studia a všem ostatním za poskytnutí prostoru pro praktické využití.

## **Abstrakt**

Tématem této bakalářské práce je charakteristika kinetiky procesu žmolkování. Pro zvýraznění žmolků je použit opticky zjasňující prostředek, vyhodnocení výsledků se provádí pomocí obrazové analýzy. Cílem práce bylo určit opakovatelnost procesu žmolkování. V teoretické části je definován jev žmolkování, fáze a příčiny jeho vzniku. Dále jsou zmíněny metody vyhodnocení žmolkovitosti včetně přístrojů tomu určených. Je vysvětlen jev fluorescence a důvod použití pro řešení práce opticky zjasňujících prostředků.

V praktické části práce byly zkoušeny na žmolkovitost textilní vzorky z bavlny na přístroji Martindale. Každý pár zkoumaných vzorků obsahoval jeden předem obarvený opticky zjasňujícím prostředkem. Vzorky se fotily pod UV světlem a následně byly vyhodnoceny pomocí obrazové analýzy v programu MATLAB.

## **Klíčová slova**

Žmolek, rozvláknění, žmolkovitost, hodnocení žmolkovitosti, cykličnost žmolkování, Martindale, fluorescence, optický zjasňující prostředek.

## **Abstract**

The theme of this work is to characterize the kinetics of the process of pilling. To highlight the cloth used optical brightening agent, evaluation is performed using image analysis. The aim of the study was to determine the repeatability of the process of pilling. In the theoretical part the pilling phenomenon, phase and its causes. The following are mentioned pilling evaluation methods and apparatus for the purpose. It explains the phenomenon of fluorescence and use reason to solve labor optical brighteners.

In the practical part of the thesis were tested for pilling fabric samples of cotton on the unit Martindale. Each pair of samples contained a pre-stained optically brightening agent. Samples were photographed under UV light and were evaluated by image analysis in MATLAB.

## **Keywords**

Pill, fuzzing, pilling, evaluation of pilling, cyclicity of pilling, Martindale, fluorescence, optical brightening agent.

## Obsah

ÚVOD .....	9
1. CHARAKTERISTIKA ŽMOLKOVÁNÍ .....	11
1.1 DEFINICE ŽMOLKOVÁNÍ .....	11
1.2 FÁZE TVORBY ŽMOLKŮ .....	12
1.3 PŘÍČINY TVORBY ŽMOLKU .....	13
1.4 ZPŮSOBY SNIŽOVÁNÍ ŽMOLKOVITOSTI .....	15
1.5 ODSTRAŇOVÁNÍ ŽMOLKŮ .....	16
2. METODY ZJIŠŤOVÁNÍ A HODNOCENÍ ŽMOLKOVITOSTI .....	17
2.1 METODA MARTINDALE .....	17
2.2 METODA NA KOMOROVÉM ŽMOLKOVACÍM PŘÍSTROJI .....	21
2.3 HODNOCENÍ ŽMOLKOVÁNÍ TEXTILÍ POMOCÍ PŘÍSTROJE ICI .....	23
2.4 OBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ ŽMOLKOVITOSTI POMOCÍ OBRAZOVÉ ANALÝZY .....	24
3. OPTICKÉ ZJASŇOVÁNÍ .....	28
3.1 FLUORESCENCE A OPTICKY ZJASŇUJÍCÍ PROSTŘEDKY .....	28
3.2 PODMÍNKY APLIKACE OPTICKY ZJASŇUJÍCÍCH PROSTŘEDKŮ .....	28
4. HODNOCENÍ ŽMOLKOVITOSTI NA PŘÍSTROJI MARTINDALE S VYUŽITÍM OPTICKY ZJASŇUJÍCÍHO PROSTŘEDKU .....	29
4.1 CHARAKTERISTIKA ZKUŠEBNÍ TEXTILIE .....	29
4.2 PŘÍPRAVA VZORKŮ .....	30
4.3 SIMULACE PROCESU ŽMOLKOVÁNÍ NA PŘÍSTROJI MARTINDALE .....	31
4.4 VYHODNOCENÍ ŽMOLKOVITOSTI .....	32
4.4.1 Popis algoritmu pro výpočet žmolkovitosti v programu MATLAB .....	33
4.4.2 Vyhodnocení cykličnosti žmolkování .....	33
ZÁVĚR .....	39
LITERATURA .....	40
PŘÍLOHA A – ALGORITMUS .....	43
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	46
SEZNAM TABULEK .....	47



<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>47</b>
----------------------------	-----------

## Úvod

Od té doby, kdy vznikla tkalcovská výroba, textilní výrobci a spotřebitelé začali pozorovat jev známý též jako „**žmolkování**“. Jedná se o proces, který vede ke vzniku malých chlupatých kuliček neboli „*žmolků*“ na povrchu textilie. V krátkodobém horizontu žmolkování může vést k neatraktivnímu zaplštění textilie a k „rozmazanému“ vzhledu. V průběhu času, a to zejména u textilie z přírodních materiálů, může dojít k úplnému opotřebení textilie. [1]

Žmolkování je negativní vlastnost, která zhoršuje nejen estetický vzhled textilie, ale i její komfortní vlastnosti. Zhoršuje její psychologický a senzorický komfort (omak). Tímto jevem klesá i kvalita daného výrobku.

Dříve bylo žmolkování především hodnoceno subjektivním způsobem za pomoci předem nafočených etalonů. Objektivním způsobem hodnotit žmolkování dnes umožňují technologie počítačového vidění. Prozatím nemohou být vždy použity na všechny druhy textilií. Avšak s jejich pomocí je lze hodnotit přesně dle výpočtu určitých parametrů, například množství žmolků, jejich plochu a jiné požadované údaje.

Cílem této práce bylo zjistit cykličnost žmolkování tkaniny ze 100 % bavlny na přístroji *Martindale* s využitím opticky zjasňujícího prostředku pomocí fluorescence. K hodnocení bylo využito přístupu, který na rozdíl od subjektivních metod je založen na analýze obrazu pomocí výpočetních nástrojů.

Text bakalářské práce je členěn do kapitol. V prvních třech kapitolách je v teoretické rovině popsán proces žmolkování textilních materiálů, způsoby snižování žmolkovitosti a její metody a zjišťování a hodnocení. Je tady vysvětlen pojem fluorescence a důvod aplikace na textilií opticky zjasňujících prostředků.

Nové postupy hodnocení žmolkování jsou představeny v kapitole čtvrté. Jsou věnovány jevu fluorescence a opticky zjasňujícím prostředkům. Pojednává o využití v textilním průmyslu.

Kapitola pátá provádí literární průzkum zaměřený na kinetiku žmolkovacího procesu a metody vyhodnocení žmolkování.

Kapitola šestá se zabývá hodnocením výsledku žmolkovitosti na přístroji *Martindale*. Nejprve charakterizuje zkušební textilie a popisuje přípravu vzorků a podmínek pro

testování a simulaci procesu žmolkování. Dále pak vysvětluje použitý algoritmus pro hodnocení zapsaný v počítačovém jazyce MATLAB. Nakonec hodnotí testovanou textilii.

Příloha A ukazuje použitý algoritmus v programu MATLAB pro hodnocení žmolkovitosti textilie.

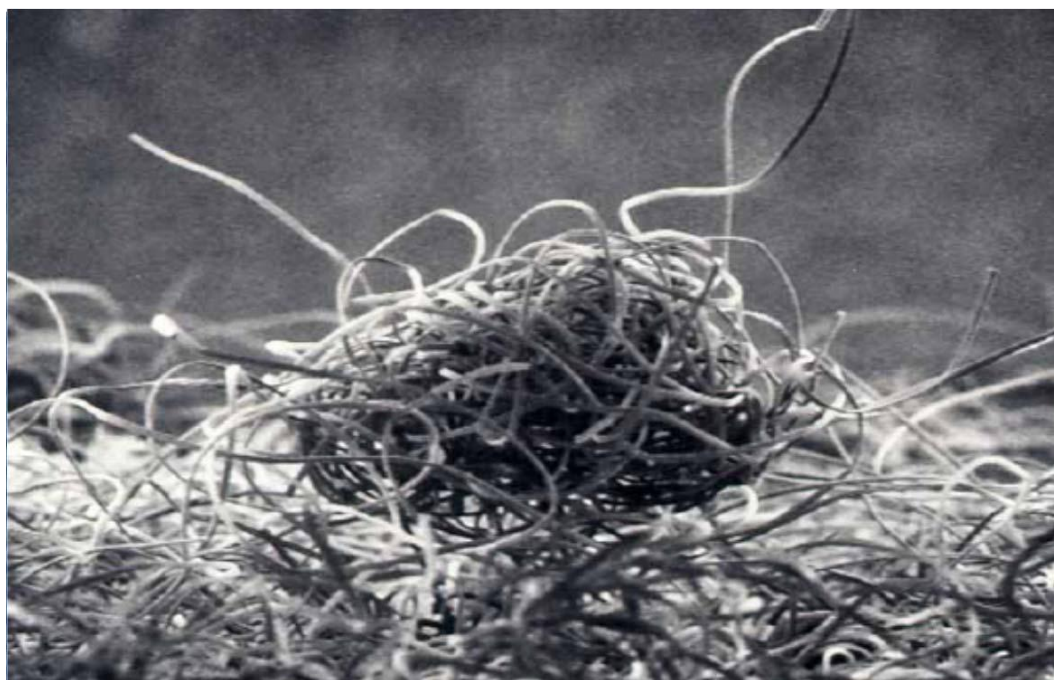
## 1. CHARAKTERISTIKA ŽMOLKOVÁNÍ

Tato kapitola se zabývá vysvětlením pojmu **žmolkování**, příčinami a původem jeho vzniku. Také jsou zde popsány procesní prvky tvorby **žmolku**. Dále pak způsoby snižování žmolkovitosti a možné předcházení žmolům pomocí různých modifikací či úprav a jejich mechanický způsob odstranění. Je zde celková charakteristika jevu žmolkování.

### 1.1 Definice žmolkování

Na svém povrchu tkanina je pokryta koncečky vláken (tzv. chlupatost textilie). Tření textilie o textilií nebo jiný povrch zapříčiňuje rozvláknění, zdrsnění vláken na povrchu, nebo vytažení vláken z textilie. To způsobuje viditelnou změnu povrchu.

Tato změna může být zapříčiněná údržbou textilie – tzn. praním, chemickým čištěním, nebo její používáním. Vlivem své tuhosti v ohybu koncečky vláken migrují na povrch příze a tedy i na povrch textilií. Odíráním vyčnívající vlákna mohou vytvářet uzlíky, což je zapříčiněno spojením několika takovýchto sousedních vláken. Takový uzlík je počáteční fází žmolků čili žmolkování. Podle normy **ČSN EN ISO 12945-2** žmolky jsou zapletení vláken do smotků tedy žmolků, které vyčnívají z plošné textilie. Jejich hustota neumožňuje proniknutí světla a vrhají stín. Vlákna ve žmolku jsou spojena tak, že se nedají hned rozdělit pomocí preparační jehly. Na *Obrázku 1* je dobře vidět takový žmolek. [2, 14]



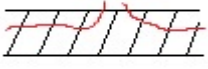

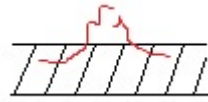
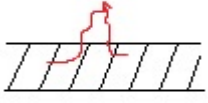
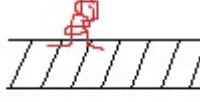
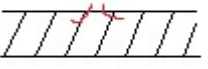
Obrázek 1: Ukázka žmolku na povrchu textilie [8]

Čili **žmolkování** je tvorba žmolků na povrchu textilie. **Žmolkovitost** textilních výrobků je nežádoucí vlastnost, jenž kazí jejich vzhled, komfortní vlastnosti a v neposlední řadě kvalitu samotného výrobku. Je zapříčiněna hodně aspekty. Ty budou popsány v podkapitole 2.3.

## 1.2 Fáze tvorby žmolků

Jestliže textilie je tvořena přízí ze spřadatelných vláken, pak dochází k vyčnívání krátkých vláček na povrch textilie působením třecích sil. Vodní pára a pot ovlivňují vlákna k nabobtnání a následně k pomalému rozvlákňování příze. Kvůli čemuž roztřepené konce vláken se zamotávají a vzniká tak **žmolek**, který odpadne a vytáhne za sebou další krátká vlákna na povrch příze. Tento proces je cyklický. [6] V *Tabulce 1* je znázorněno šest fází tvorby žmolku.

**Tabulka 1: Fáze tvorby žmolku [3]**

1.		Volné konce vláken se vytahují na povrch příze, tzv. chlupacení.
2.		Vlákna se vytahují více na povrch textilie.
3.		Vytažená vlákna na povrchu se začínají zakrucovat.
4.		Vlákna se stále více zakrucují a proplétají se mezi sebou, tudíž se začíná vytvářet uzlík.
5.		Vznik žmolku, tedy zakroucená vlákna jsou spletena mezi sebou.
6.		Vlivem mechanického namáhání se žmolek ulomí a odpadne, ne však u všech materiálů.

**Žmolkovitost** se projevuje u textilií vyrobených jak ze syntetických, tak i z přírodních vláken. Syntetická vlákna jsou pevnější než přírodní, a proto jejich žmolky neodpadávají tak rychle jako u přírodních vláken. Nebo neodpadávají vůbec, a to i v místech se zvýšeným mechanickým namáháním. Syntetická vlákna zůstávají částečně fixovaná v přízi. [3]

### 1.3 Příčiny tvorby žmolku

Mechanismus vzniku žmolku ovlivňuje tření textilií po sobě. Rovněž také jejich ohýbání, přičemž dochází k vzájemnému pohybu mezi vlákny v přízi, kde zejména odstávající vlákna, která se udržují v přízi svou relativně malou délkou, mají možnost „cestovat“ nad povrch příze, a tedy tím i nad povrch textilie. [4] Na tvorbu žmolků mají vliv, například:

- tuhost vláken,
- hladkost vláken,
- jemnost vláken (na povrchu příze se koncentrují vlákna s větší jemností),
- drsnost vláken,
- obloučkovitost vláken,
- měkkost a ohebnost vláken (větší šance vyčnívání vláken z příze),
- pevnost a tažnost vláken,
- délka vláken (má vliv na migraci vláken),
- jejich odolnost v oděru a pevnost v ohybu,
- tření vláken (čím je koeficient tření nižší, tím je tvorba žmolků menší),
- tvar průřezu vláken.

Rovněž má vliv na vznik žmolků hustota vyčesaných a uvolněných vláken, výška vlasového povrchu textilie či stupeň a účinnost konečné úpravy textilie. [2, 3] Nejvíce žmolkování tkanin ovlivňují tyto faktory:

- **Mechanické vlastnosti vláken.** V tomto případě pevnost charakterizuje dobu udržení žmolku na povrchu textilie. Vlákna s nižší pevností se žmolkují méně, protože se snižováním pevnosti vláken se snižuje i odolnost vůči oděru a ohybu. A jejich dynamická přizpůsobivost je lepší než u vláken s vyšší pevností. [2]

- **Geometrické vlastnosti vláken.** Velice velký vliv na migraci vláken v přízi má jejich délka. Dlouhá vlákna jsou uprostřed příze a mají menší možnost vytahovat se na povrch textilie. A proto delší vlákna žmolkují méně než krátká. Jemnost má podobné účinky na migraci vláken. Jemná vlákna se koncentrují uprostřed příze a vlákna s větší pevností se naopak koncentrují na jejím povrchu. [2, 5]
- **Materiálové složení textilie.** Jak už bylo uvedeno na začátku podkapitoly 2.3, tvorba žmolků se vyskytuje nejen u syntetických materiálů, ale i u přírodních a jejich směsí. Intenzita žmolkování souvisí s typem a druhem vlákna. Žmolkovitost syntetických a přírodních vláken se liší. Obecně mají směsi vyšší tendenci ke žmolkovitosti než stoprocentní příze. [5]
- **Zákrut příze.** Vlákna, jež mají vyšší zákrut, se žmolkují méně oproti vláknům s menším zákrutem. Důvodem je lepší upevnění vláken v přízi, čímž je zabráněn výstup vláken na povrch příze. Ta je pak tužší, čím je zákrut vyšší. Tak se zvyšuje odolnost textilie vůči žmolkování. Zvýšit hustotu příze lze zvyšováním zákrutu. [2, 6]
- **Konstrukce plošné textilie (její vazba).** Vazebné provázání má velký vliv na vznik žmolků na povrchu textilie. Tkaniny, které jsou provázané těsně, hustě, mající vysoký počet vazných bodů a hustou dostavu mají nízký nebo skoro žádný sklon ke žmolkování. Migraci vláknům zabraňuje jejich konstrukce, tedy těsnost vláken. Naopak textilie, které jsou řidší a volnější, mají vysokou tendenci k rozvláknění povrchu, což zapříčiňuje žmolkování. Například plátňová vazba je odolnější vůči vzniku žmolků než keprová vazba. [2, 7]

Jak bylo zmíněno, velký vliv na tvorbu žmolků má i způsob údržby textilie. *University of Nebraska* provedla studii o vlivu avivážních prostředků na vznik žmolků a došla k výsledku, že výrazný vliv nemá. Pokud se avivážního prostředku dává větší množství, než je doporučené, tak velikost a počet žmolků se zvyšuje. Avšak naopak aviváž použitá v doporučeném množství někdy může být efektivní při snižování žmolkování, jelikož namaže povrch textilie a tím sníží její abrazivní vlastnosti. [8]

Sklon ke žmolkování se zvyšuje používáním zvláčňovadel při praní, úpravami, které uhlazují povrch textilie a apreturou silikonem. [3]

## 1.4 Způsoby snižování žmolkovitosti

Vzhledem k tomu, že žmolkovitost je negativní vlastností, existuje několik cest či způsobů, jak ji lze snižovat, a to pomocí různých modifikací:

- **Chemická modifikace** – je možná pouze u vláken chemických, jelikož předpokládá úpravu polymeru. Tento způsob snižuje relativní molekulovou hmotnost vláken. Čím kratší je makromolekula, tím je tuhost vlákna nižší. Technologickými operacemi při chemické modifikaci jsou:
  - upravuje se doba a podmínky polykondenzace, zejména teploty a tlaku,
  - příprava blokových kopolyesterů,
  - rozvětvení řetězců.

Při těchto postupech dojde ke snížení pevnosti a k značnému poklesu odolnosti v ohybu. Z tohoto důvodu žmolky na dlouhou dobu ztratí tendenci lpět na povrchu textilie.

- **Fyzikální modifikace** – je součástí zvlákňovacího procesu. Jejím účelem je snížení žmolkovitosti pomocí úpravy podmínek zvlákňování: tlaku, teploty, rychlosti a podmínek dloužení a fixace. Případně výroby vláken nekruhového profilu (trilobal, pentalobal) pomocí trysek různých typů.
- **Modifikace při technologických spojovacích procesech** – tzn. při předení, pletení, tkaní. Při přádelnické technologii, obzvláště při výrobě směsí, je nutno upravovat délky a délkové hmotnosti vláken tak, aby tyto charakteristiky byly v souladu s migračními teoriemi. Tedy aby nedocházelo k přemístění vláken ve spřádacím trojúhelníku při tvorbě příze. Dále jsou známy závislosti mezi koeficientem zákrutů a žmolkovitosti, dostavy a hustoty.
- **Úpravářenské modifikace.** Finální úpravy, čili protižmolkové úpravy jsou jedním ze způsobů jak omezit vznik žmolků. Mohou to být vzhledové mechanické úpravy, jakými jsou například **kartáčování**, **postřihování**, **požehování** a **broušení**. Tyto úpravy odstraní vyčnívající vlákna z povrchu textilie, tedy ta, jež jsou příčinou počátku žmolkování. Dále sem patří stabilizační úpravy, které umožní zafixování polohy vláken v textilií a zabrání migraci vláken na povrch. Nejúčinnější je



stabilizace polohy vláken, která je založena na aplikaci filmotvorných přípravků (stabilní pružný film tvořen v rozmezí teplot 30 °C až 100 °C). Vlákná se stabilizují pomocí pojivých účinků. Další, ale méně účinnější, je stabilizace vláken termickým zpracováním. [4, 5, 7, 13]

## 1.5 Odstraňování žmolků

Pokud žmolkování textilního výrobku je výrazné, lze vzhled výrobku zlepšit použitím mechanických odstraňovačů žmolků – tj. různých typu kartáčů, škrabek nebo mechanických odžmolkovačů (viz. *Obrázek 2*). Vzniku nových žmolků se tím však nezabrání. [5, 9]



**Obrázek 2: Ukázka odžmolkovače [24]**

Odžmolkovače jsou v různých velikostech a tvarech. Obvykle se skládají z ochranného krytu, planžety, hlavicí s čepelí nebo čepelemi, spínačem, zásobníkem pro zachycení žmolků a krytem pro baterie. Pro odstranění žmolků je nutné na rovném povrchu odžmolkovačem lehce přejet po oděvu. [3]

## 2. METODY ZJIŠŤOVÁNÍ A HODNOCENÍ ŽMOLKOVITOSTI

Metody, které sledují průběh žmolkovitosti, jsou založeny na napodobení skutečného průběhu procesu, při němž dochází ke žmolkování. Za pomoci laboratorní zkoušky, jež je považována za ideální, lze simulovat zrychleně postup běžného užívání.

Do dnešní doby jsou známy tři základní postupy pro zjišťování stupně žmolkovitosti a stanovení odolnosti textilie vůči žmolkování. Protože velké množství materiálů a jejich vlastností se liší, používají se různé metody a postupy. Nejběžnější je postup na přístroji **Martindale** a přístroji **ICI**, což je metoda s použitím žmolkovací komory a je používán především na bytové, některé technické textilie a pro pleteniny. Často se také používá **komorový žmolkovací přístroj**. [10]

### 2.1 Metoda Martindale

Hodnocení textilie vůči žmolkování a oděru je nejčastěji prováděno na přístroji **Martindale**, který je zobrazen na *Obrázku 3*. Zkoušejí se na něm všechny textilní struktury. Zkouška se provádí se podle normy **ČSN EN ISO 12945-2 (80 0837)**.



Obrázek 3: Přístroj Martindale [25]

Přístroj **Martindale** se skládá ze základní desky, která má na sobě umístěné žmolkovací stoly a pohonný mechanismus. Obvyklý počet žmolkovacích stolů je osm, ale může být

různý podle typu provedení přístroje. Dále má vodící desku držáků, která pomocí pohonného mechanismu sleduje **Lissajousův obrazec**, který přibližuje *Obrázek 4*.

Poměr frekvencí	Fázové posunutí				
	0°	45°	90°	135°	180°
1:1					
1:2					
1:3					
2:3					
3:4					
3:5					

**Obrázek 4: Lissajousův obrazec [26]**

**Lissajousův obrazec** je obrazec vznikající pohybem, jenž se mění z kružnice ke stále užším elipsám, až se nakonec stane přímkou, z níž pak vznikají stále širší elipsy v opačném úhlopříčném směru, až dojde k opakování obrazce. Přístroj **Martindale** však nevytváří zcela dokonalý **Lissajousův obrazec**. [15]

Tři vodící držáky, tělesa ložisek držáků vzorků a samotná ložiska jsou umístěny na vodící desce. Přístroj má dotykový displej, který je umístěn na povrchu základní desky. Pomocí displeje lze nastavovat množství otáček pro každý žmolkovací stůl. Vedle se nachází nouzový vypínač a pracovní plocha pro přípravu vzorků.

Zkušební vzorky mají kruhový tvar o průměru 140 mm, které se připravují pomocí speciálního **vyřezávače** vzorků (*Obr. 5*). Průměr držáku vzorku je kruhový o průměru 90 mm, zatížení vzorku je 155 g a oděrová plocha držáku vzorku je 64 cm<sup>2</sup>.



**Obrázek 5: Vyřezávač vzorků [27]**

Podstata zkoušky spočívá v tom, že kruhový zkušební vzorek při stanoveném zatížení se pohybuje po třecí ploše, která je tvořena stejným materiálem nebo vlněnou odírací textilií. Zkušební vzorek musí být jenom lehce otočný kolem své středové osy, která je kolmá k ploše zkušebního vzorků. [7, 10, 11]

Pro každou kategorii textilií se volí různé parametry, jež jsou znázorněny v *Tabulce 2*.

**Tabulka 2: Kategorie žmolkovitosti pro přístroj Martindale [14]**

Kategorie	Druh textilie	Oděrací prostředek	Zatěžovací závaží [g]	Stádium hodnocení	Počet otáček
1	Potahovaná textilie	Vlněná oděrací textilie	415±2	1	500
				2	1000
				3	2000
				4	5000
2	Tkaniny s výjimkou potahovaných	Zkoušená tkanina (líc/líc) nebo vlněná tkanina	415±2	1	125
				2	500
				3	1000
				4	2000
				5	5000
				6	7000
3	Pleteninu s výjimkou potahovaných	Zkoušená pletenina (líc/líc) nebo vlněná tkanina	155±1	1	125
				2	500
				3	1000
				4	2000
				5	5000
				6	7000

Zkušební vzorky se následně hodnotí vizuálně pomocí **etalonů** (Obr. 6) stupněm žmolkování 1 až 5. Význam každé kategorie je znázorněn v *Tabulce 3*. Vzorky se hodnotí

ve speciální prohlížečí komoře pomocí definovaného světla. Za výsledek se počítá průměrná hodnota všech členů hodnocení.



Obrázek 6: Ukázka etalonů [10]

Tabulka 3: Stupně hodnocení žmolkovitosti na přístroji Martindale [14]

Stupeň	Slovní popis povrchové změny
5	Bez změn.
4	Lehké rozvláknění povrchu a/nebo počátek tvorby žmolků.
3	Mírné rozvláknění povrchu a/nebo mírně žmolkování. Žmolky různé velikosti a hustoty pokrývají částečně povrch vzorku.
2	Výrazné rozvláknění povrchu a/nebo výrazné žmolkování. Žmolky různé velikosti a hustoty pokrývají značnou část povrchu vzorku.
1	Husté rozvláknění povrchu a/nebo silné žmolkování. Žmolky různé velikosti a hustoty pokrývají celý povrch vzorku.

## 2.2 Metoda na komorovém žmolkovacím přístroji

Komorový žmolkovací přístroj se dá použít k simulaci žmolkování na všech druzích plošných textilií. Avšak nejvíce se využívá pro stanovení odolnosti vůči žmolkovitosti pletenin. Provádí se podle norem ČSN 80 0837 nebo ASTM 3512-82.

**Komorový žmolkovací přístroj** (Obr. 7) se skládá ze zkušebních komor. Průměr každé z nich je 146 mm a její hloubka je stanovena na 152 mm. Každá komora má v sobě umístěny dvě lopatky o délce 120 mm. Tyto lopatky vykonávají 1200 otáček za minutu. Komory jsou vyložené korkem ze všech stran. Princip tohoto přístroje spočívá v náhodném oděru textilie o textilií a povrch komory.



**Obrázek 7: Komorový žmolkovací přístroj [28]**

Do jednotlivých komor se vkládají tři vzorky o rozměrech  $110 \times 110$  mm a obnítkováných po obvodu. Vzorky se rozmístí tak, aby osnova ležela ve směru úhlopříčky vzorku. Spolu se vzorky se do komor vloží 25 g bavlněných vláken.

Po každé půlhodině se hodnotí povrchový vzhled vzorků, tedy po 30, 60, 90 a po 120 minutách. Stejně jako u přístroje **Martindale** se vzorky hodnotí pomocí fotografických etalonů se stupnicí 1 až 5 (Tab. 4). Stupeň 1 charakterizuje velmi silné žmolkování, stupeň 5 pak znamená, že vzorek je zcela bez žmolků. [3, 7, 10]

**Tabulka 4: Stupně hodnocení žmolkovitosti na komorovém žmolkovacím přístroji [7]**

Odolnost proti žmolkování		Odolnost proti rozvláknění	
Stupeň	Slovní popis povrchové změny	Stupeň	Slovní popis povrchové změny
5	Bez žmolků	5	Žádné až nepatrné rozvláknění
4	Nepatrné žmolkování	4	Lehké rozvláknění
3	Střední žmolkování	3	Střední rozvláknění
2	Silné žmolkování	2	Silné rozvláknění
1	Velmi silné žmolkování	1	Velmi silné rozvláknění

### 2.3 Hodnocení žmolkování textilií pomocí přístroje ICI

Přístroj **ICI** není tak často využíván pro hodnocení žmolkovitosti jako dvě předchozí metody. Používá se pouze ojediněle. Dříve byla používána pro hodnocení žmolkovitosti technického potahového textilu. Zkoušky se provádí podle normy **ČSN EN ISO 12945-1 (80 0837)**.

Přístroj **ICI** (*Obr. 8*) se skládá ze dvou nebo čtyř krabic vyložených korkem či syntetickým kaučukem. Krabice se otáčí kolem své osy. Počet otáček a čas, po který zkouška bude prováděna, lze nastavit na displeji. Interval otáčení je 20 až 70 otáček za minutu.





**Obrázek 8: Žmolkovací přístroj ICI [29]**

Na polyuretanové trubičky se upevní vzorky, jež se samovolně převalují v komorách za konstantního otáčení bubnů.

Vyhodnocení žmolkovitosti je stejné jako u předchozích hodnoticích metod, tedy předpokládá porovnání změn povrchu zkoumané textilie s vyfocenými etalony za stupnici 1 až 5. [2, 6, 10]

## **2.4 Objektivní hodnocení žmolkovitosti pomocí obrazové analýzy**

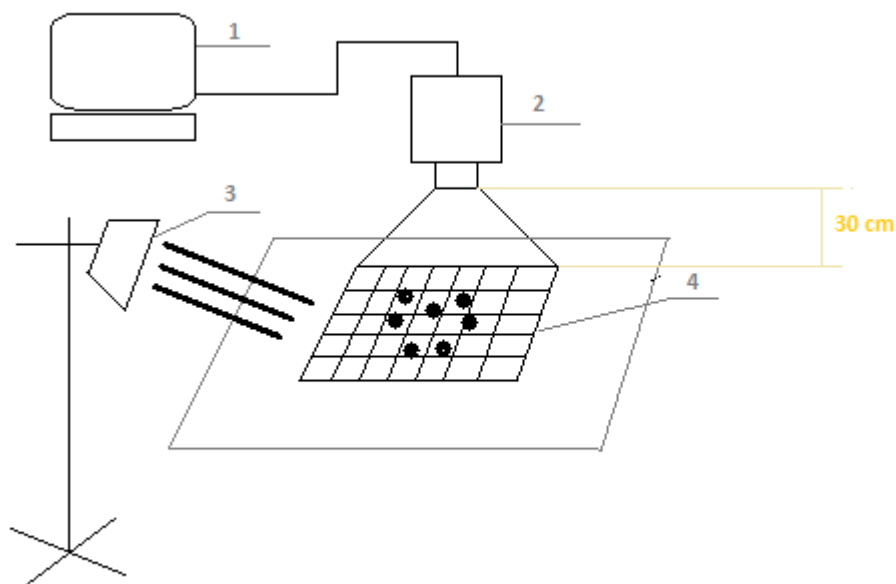
Jak už bylo dříve zmíněno, do nynější doby byla žmolkovitost hodnocena subjektivním způsobem, tedy vizuálně pomocí vyfocených etalonů. V práci Ing. Malínkové *Objektivní hodnocení žmolkovitosti s využitím obrazové analýzy* [7] je navržena metoda pro objektivní hodnocení žmolkování za použití výpočetní techniky. Při porovnání výsledků objektivního a subjektivního hodnocení je zjištěno, že tyto výsledky jsou vzájemně podobné, tudíž koreluji.

Tato metoda objektivního hodnocení byla využita slečnou Horákovou ve své bakalářské práci *Hodnocení žmolkovitosti s využitím opticky zjasňujícího prostředku* [6]. V její práci pro simulaci žmolkovacího procesu byl použit přístroj ICI, bylo zkoumáno použití opticky zjasňovacího prostředku a jevů fluorescence pro zvýraznění žmolků na povrchu textilie. Opticky zjasňujícím prostředkem byly obarveny chomáčky bavlněných vláken. Pozorovalo se usazení vláken na povrchu zkoumané textilie a následné vytváření žmolků. Práce

poukázala, že tento způsob označení žmolků je vhodný pro světlé textilie, textilie s potiskem a tmavé textilie. V práci bylo zmíněno, že přesnost výsledků do jisté míry závisí na nastavení prahu citlivosti v algoritmu a kvalitě pořízených fotografií.

Před zahájením této práce byl proveden literární průzkum zaměřený na získání informací o objektivním hodnocení žmolkování, jeho způsobech a metodách provedení. Zdrojem byly odborné časopisy a články, zejména pak *Journal of Textile Institute* a *Textile research journal*. [17] První metoda, o které tady bude zmíněno, je metoda objektivního hodnocení při použití žmolkovací komory.

Autoři článku uvádí, že klíčovým požadavkem spotřebitele, obchodníků a návrhářů je odstranění žmolkovitosti. Pro pochopení samotného procesu žmolkování je nutné navrhnout spolehlivou metodiku pro zpracování vývojů žmolků. V poslední době výzkumníci se snaží proces žmolkování zkoumat za pomoci výpočetní techniky a vyvíjí postupy pro objektivní posouzení stupně žmolkovitosti. V této publikaci je popsána objektivní metodika hodnocení žmolkování pletenin. K testování byl využit přístroj ICI, na kterém bylo provedeno celkově 4000 otáček. Vzorky byly hodnoceny jak subjektivně – za účasti hodnotitelů, tak i objektivně. Korelace mezi subjektivně a objektivně získanými výsledky byla 96 %. Objektivní hodnocení bylo založeno na focení vzorků zkoumané textilie a jejich následném vyhodnocení za použití MATLAB Image Processing Toolbox. Byly detekovány poloha, výška, velikost a tvar žmolku. Schéma uspořádání experimentálních komponentů je představena na *Obrázku 9*. Povrch textilie byl nasvícen žárovkou pod úhlem 10°.



**Obrázek 9: Schéma systému analýzy obrazu (1 - počítač, 2 - fotoaparát, 3 - žárovkové osvětlení, 4 - textilní vzorek)**

K vyhodnocení výkonnosti objektivního způsobu hodnocení žmolkování bylo použito 203 typů ukázkových pletenin. Z nich 32 pletenin se stupněm žmolkování 1, 63 vzorků se stupněm žmolkování 2, se stupněm 3 bylo vyzkoušeno 46 vzorků, se stupněm 4 – 49 pletenin a se stupněm 5 zkoušelo se 13 vzorků. Vzorky těchto tříd byly převzaty z archivu již dříve testovaných a hodnocených pletenin odborníky *Walters & Associates Pty Ltd.* [17]

V publikaci *Journal of The Textile Institute* [20] je popsán návrh metodiky objektivního hodnocení žmolkování textilií, která umožňuje získat podrobné informace o žmolcích, tedy jejich výška, tloušťka, obvod, plocha a jiné. Měření se provádělo za použití laserové sondy. Poté byly obrázky vzorků zkoušených textilií zpracovány počítačem. Tato metoda je pomalejší pro získávání obrazových dat, než přímé snímání za pomoci digitálního fotoaparátu. Kromě toho obrázky vzorků zkoušených textilií generované ze síťového skenování neukazují skutečné vlastnosti povrchu textilie.

Bylo zjištěno, že rozptýlené světlo při pořizování snímků pomocí kamery pro zjištění žmolkovitosti, je lepší než kolimované reflexní světlo. V této studii byly textilie foceny digitálním fotoaparátem a následně získané obrázky byly přetransformovány do 8 bitů škály šedi. Ty byly dále použity pro následné numerické výpočty. Focení vzorků probíhalo

v posuzovací komoře VeriVade (*Obr. 10*) v souladu Se zkušební metodou *BS 5811*, tedy metoda pro stanovení odolnosti vůči žmolkování a změně vzhledu textilie. Komora v sobě měla vysoce intenzivní šikmo dopadající osvětlení. Použito bylo standardní umělé denní světlo **D65**. Vzorky byly uloženy do komory tak, aby světlo vrhlo stín přes žmolky. Dále byly získané obrázky zpracovány pomocí počítačového programu v prostředí **MATLAB**. V závěru, při posouzení získaných dat, bylo uvedeno, že tato metoda hodnocení žmolkování je velice relevantní. [20]



Obrázek 10: Komora VeriVade [30]

### 3. OPTICKÉ ZJASŇOVÁNÍ

Většina organických materiálů, kam patří i textilní vlákna, se nejeví čistě bílá. I když chemickým bělením textilních materiálů lze dosáhnout odstranění barevných příměsí, stejně mají více či méně nažloutlý odstín. **Opticky zjasňující prostředky (OZP)** umožňují dosáhnout skutečné intenzivní bělosti textilních materiálů. Jejich zjasňující efekt je založen na principu fluorescence.

#### 3.1 Fluorescence a opticky zjasňující prostředky

**Fluorescence** je jev, který nastává díky schopnosti určitých typů látek absorbovat ultrafialové světlo, které je pro lidské oko neviditelné, a posunout jeho do viditelné části spektra. Je to určitá forma *luminiscence*. Molekuly *OZP* mají stejnou schopnost a pod vlivem *UV světla* o vlnové délce 330 až 400 nm přecházejí do excitovaného stavu, jenž je nestabilní. Tudíž během 9ti až 10ti sekund většina excitovaných molekul se vrací do původního stavu. Přitom se přebytečná část energie vyzáří ve formě tepla a předá se tak do okolí v podobě záření o vlnové délce 430 až 450 nm, které lze pozorovat a zaznamenávat.

Takže **opticky zjasňující prostředky (OZP)** jsou takzvaná „bezbarvá barviva“, která absorbují *UV paprsky* a převádějí je do spektrální oblasti viditelného světla. [13, 16]

#### 3.2 Podmínky aplikace opticky zjasňujících prostředků

**Opticky zjasňující prostředky** jsou v podobě prášku, tekutin či suspenze. Na textilie se OZP zpravidla aplikují při bělení, jsou součástí většiny detergentů – tzn., využívají se při praní. Řada úprav jako například nemačková, nežehlivá, tužicí a další, se kombinuje s opticky zjasňujícími prostředky. Rovněž lze provádět zjasňování textilií jako samostatnou operaci. Podmínky aplikace se liší podle druhu textilie. U přírodních materiálů proces zjasňování probíhá při teplotách 20 až 60 °C, u syntetických materiálů při teplotách 50 až 70 °C za přídavku dispergátoru. Výjimku tvoří polyamidová vlákna. Při aplikaci *OZP* na celulózu vlákna se přidává neutrální elektrolyt pro podporu afinity. Postupně se teplota zvyšuje na maximální, při které se zjasňuje 20 až 60 minut.

Chování *OZP* je podobné jako chování barviv, a proto se musí dodržovat stejné podmínky při aplikaci, jakými jsou doba a teplota lázně, obsah soli, pH, atd. [6, 16]

#### **4. HODNOCENÍ ŽMOLKOVITOSTI NA PŘÍSTROJI MARTINDALE S VYUŽITÍM OPTICKY ZJASŇUJÍCÍHO PROSTŘEDKU**

Z literárních rešerší je patrné, že objektivní způsob hodnocení žmolkování je dost používaný v různých podobách. Rovněž není novinkou využití opticky zjasňujících prostředku pro hodnocení žmolkovitosti. Slečna Horáková v své práci [6] použila OZP a zabývala se spíše návrhem metodiky pro vyhodnocení žmolkování různých textilií, jako například textilií světlých a tmavých odstínů a textilie s potiskem. Ale neřeší samotný proces žmolkování. Proto cílem této práce bylo sledovat opakovatelnost procesu žmolkování.

##### **4.1 Charakteristika zkušební textilie**

K hodnocení žmolkovitosti byla zvolena bavlněná tkanina denim, nazývaná též riflovina nebo džínovina. Jedná se o tuhou tkaninu tkanou v keprové vazbě v kontrastních barvách osnovných a útkových nití: modrá osnova a bílý útek. Osnova je obarvena indigem (*Obr. 11*). [18]

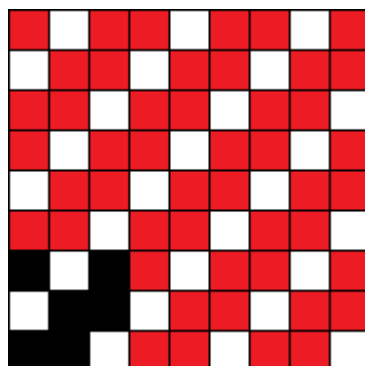


**Obrázek 11: Lící strana zkoušené textilie**

V této práci byla zkoušená tkanina z osnovního třívazného kepru s pravým směrem řádků.

Technicky zápis tkaniny:  $K \frac{2}{1} Z$  (Obr. 12). V Tabulce 5 je uveden popis použité tkaniny

[19]



Obrázek 12: Konstrukce zkoušené textilie

Tabulka 5: Charakteristika zkoušené tkaniny

Typ tkaniny	Denim
Vazba	Keprová
Dostava Do/Du, nití/cm	23/19
Plošná hmotnost t, g/m <sup>2</sup>	185

## 4.2 Příprava vzorků

Před zahájením simulace žmolkování, část textilie a bavlněné nitě byly obarveny opticky zjasňujícím prostředkem vhodným pro bavlnu Rylux BA TEK. Charakteristika použitého zjasňujícího prostředku je dána v Tabulce 6.

**Tabulka 6: Charakteristika opticky zjasňujícího prostředku Rylux BA TEK [6]**

Parametr	Charakteristika
Chemická třída	Derivát diamonostibendisulfokyseliny
Skupenství	Tekutina
Odstín bělí	Modrofialový
Ionogenita	Anionaktivní
Afinita	Vysoká

Optický zjasňující prostředek se na textilie a nitě aplikoval v podobě 0,001 % roztoku (2 g *OZP* bylo rozpuštěno v 2 litrech vody). Hmotnost textilie a nití byla stanovena na hodnotu 100 g, jenž byly ponořeny do roztoku po dobu 30ti minut při konstantní teplotě 60 °C. Po vyjmutí z roztoku byly textilie i nitě vyždímány, následně vysušeny zavěšením při relativní vlhkosti  $65 \pm 2$  %, teplota  $20 \pm 2$  °C). Po vysušení byly textilie vyžehleny a zkontrolována pod *UV lampou*, zda vykazují fluorescenci.

Dále pomocí speciálního vyřezávače, který byl znázorněn na *Obrázku 5* bylo vystříhnuto 8 vzorků o průměru 140 mm..

### **4.3 Simulace procesu žmolkování na přístroji Martindale**

Na čtyři oděrací pevné stoly byly upevněny rovněž čtyři vzorky obarvené v *OZP* a podložené podkladovou plstí. Ostatní čtyři vzorky, které plnily funkci hodnotící a nebyly obarveny v *OZP*, byly upnuté do držáku vzorků, upevněné na pohyblivou desku přístroje a zatížené předepsaným závažím o hmotnosti 415 g. Interval pro zaznamenání prvního cyklu žmolkovacího procesu byl nastaven na hodnotu 25 otáček. Vzorky byly upnuty do držáků s podložkou z pěnové fólie. Přístroj byl uveden do chodu a po dosažení zvoleného počtu otáček se zastavil. Pak byly držáky vzorků sejmuty z pohyblivé desky a každý vzorek byl vyfocen v tmavé komoře v ultrafialovém světle. Tímto způsobem byl postup opakován 20krát, tudíž celkový součet otáček činil 500. Poté byl počet nepřetržitých otáček zvýšen na hodnotu 100 a po každých 100 otáčkách byly vzorky vyfoceny opět za stejných podmínek. Po celkovém dosažení 2000 otáček byla simulace žmolkovacího procesu ukončena. Z předběžného hodnocení zkoušené textilie byl stanoven 4 stupeň

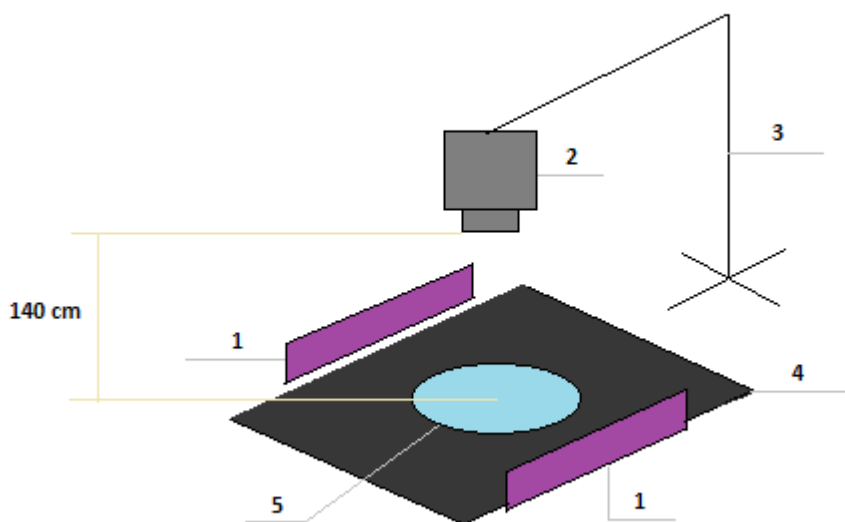


žmolkování. Podle *Tab.2* pro tento stupeň žmolkování maximální počet otáček stanoví 2000.

Prvních 500 otáček bylo prováděno s intervalem po 25ti otáčkách, zbylých 1500 otáček s intervalem po 100. Celkový počet byl stanoven na 2000 otáček.

#### 4.4 Vyhodnocení žmolkovitosti

Jak už bylo v předchozí podkapitole zmíněno, vzorky byly po každém cyklu otáček vyfoceny v tmavé komoře při ultrafialovém světle. Sestava, jež byla použita pro účel focení vzorků, je znázorněna na *Obrázku 13*. Následně byly série pořízených fotografií podrobeny výpočtům v programu **MATLAB**.



**Obrázek 13:** Sestava na focení vzorků (1 - ultrafialové lampy, natočené směrem ke vzorkům; 2 - fotoaparát; 3 - stativ pro upevnění fotoaparátu; 4 - černá podložka; 5 - zkušební vzorek)

Jelikož byly pořízeny čtyři série fotografií, byly z nich vybrány ty nejlepší. Protože ne všechny fotografie měly odpovídající kvalitu. Kvůli tomu ze čtyř sérií, byly sestaveny tři a následně hodnoceny. Je nutno přidávat velkou úvahu na kvalitu obrazu, která velice ovlivňuje výsledky hodnocení.

#### 4.4.1 Popis algoritmu pro výpočet žmolkovitosti v programu MATLAB

MATLAB (*Matrix laboratory*) je numerické výpočetní prostředí pro řešení technologických výpočtů. Hlavním rysem jazyka MATLAB jsou jeho možnosti pro práci s maticemi. [21, 22]

**Algoritmus**, jenž byl použit v této práci, již byl vyvinut pro výpočetní prostředí **MATLAB** a poprvé podrobně popsán v diplomové práci Ing. Malínkové *Objektivní hodnocení žmolkovitosti s využitím obrazové analýzy* [7], v bakalářské práci Bc. Horákové *Hodnocení žmolkovitosti s využitím opticky zjasňujícího prostředku* [6]. Pro účel této práce byl algoritmus zjednodušen, jelikož sloužil hlavně pro výpočet počtu žmolků, jejich celkové plochy a obvodu. Součástí algoritmu zůstaly funkce pro vykreslování upravovaných obrazů.

Posloupnost operací tohoto algoritmu je nejprve načíst a zobrazit originální obrázek při parametrech kalibrace  $90\text{ mm} = 2590\text{ obrazových bodů}$ , tudíž  $1\text{ pixel} = 0,347\text{ mm}$ . Dále je definována oblast obrazu, která bude podrobená výpočtu (hodnocení). Jsou provedeny úpravy kontrastu a využita pomocná funkce pro přípravu barevného zobrazení. Poté je provedeno prahování obrazu. To znamená, že všechny pixely, které mají nižší hodnotu než zvolený práh, jsou zabarveny černě a v opačném případě bíle. Dále také odstranění objektů menších než 100 pixelů a vyplnění děr v detekovaných objektech, tedy žmolcích. Následuje výsledné zobrazení obrazu.

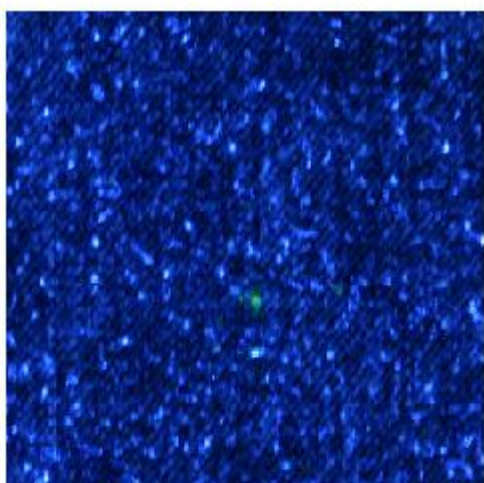
Dále nalezení objektů, tedy žmolků a jejich zvýraznění červenou barvou. Poté indexace žmolků, definice zkoumaných charakteristik, kterými jsou počet, plocha či obvod objektů a zobrazení těžiště objektů. Následně je vypočítána plocha a obvod vyjádřené počtem pixelů, excentricita objektů a počet žmolků vztažený na plochu obrazu. Poté je provedena identifikace strukturního elementu a označení obvodu žmolků červenou barvou. Tento algoritmus hodnotí soubor pořízených fotografií, vypočtená data zaznamenává do matice, kde počet sloupců odpovídá počtu hodnocených parametrů. [6] Algoritmus je součástí přílohy této práce.

#### 4.4.2 Vyhodnocení cykličnosti žmolkování

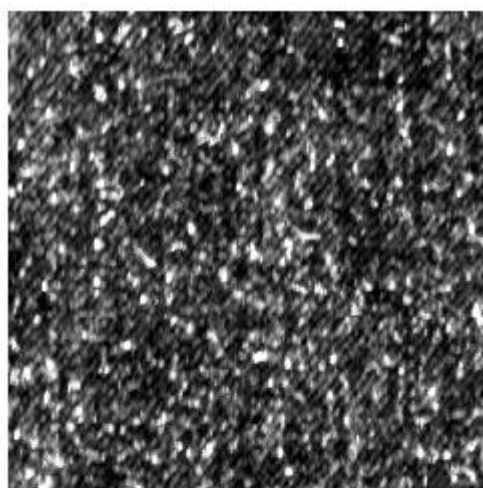
Pro sledování cykličnosti žmolkování byly nejdůležitějšími parametry počet žmolku ( $n$ ) a jejich průměrná plocha ( $S_i$ ). Plocha byla vypočtena podle vzorců:

- Plocha  $S_i = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum_{k=1}^n S_{i_k} \times 0,0347}$ , kde  $n$  je celkový počet žmolků a koeficient 0,0347 vychází z kalibrace v algoritmu **MATLAB**.

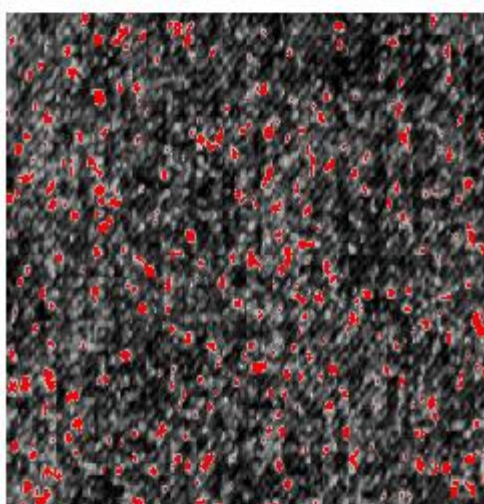
Skript v programu **MATLAB** zpracovával obrázky do různých podob:



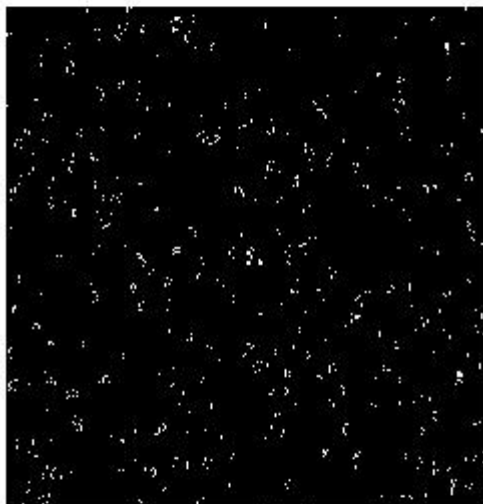
1



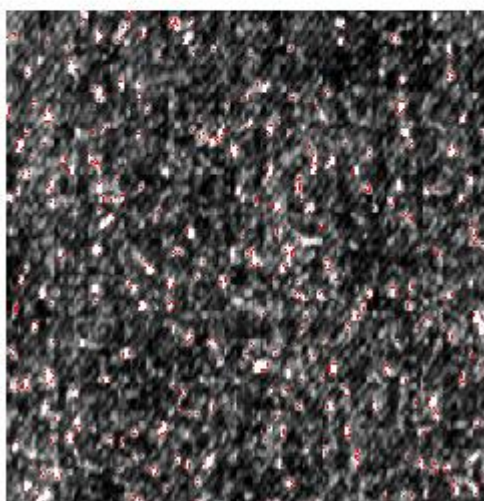
2



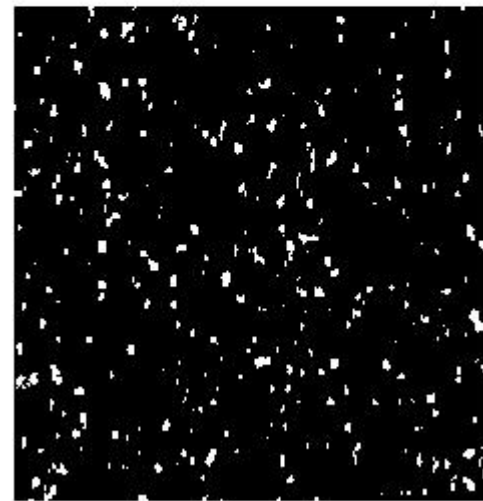
3



4



5

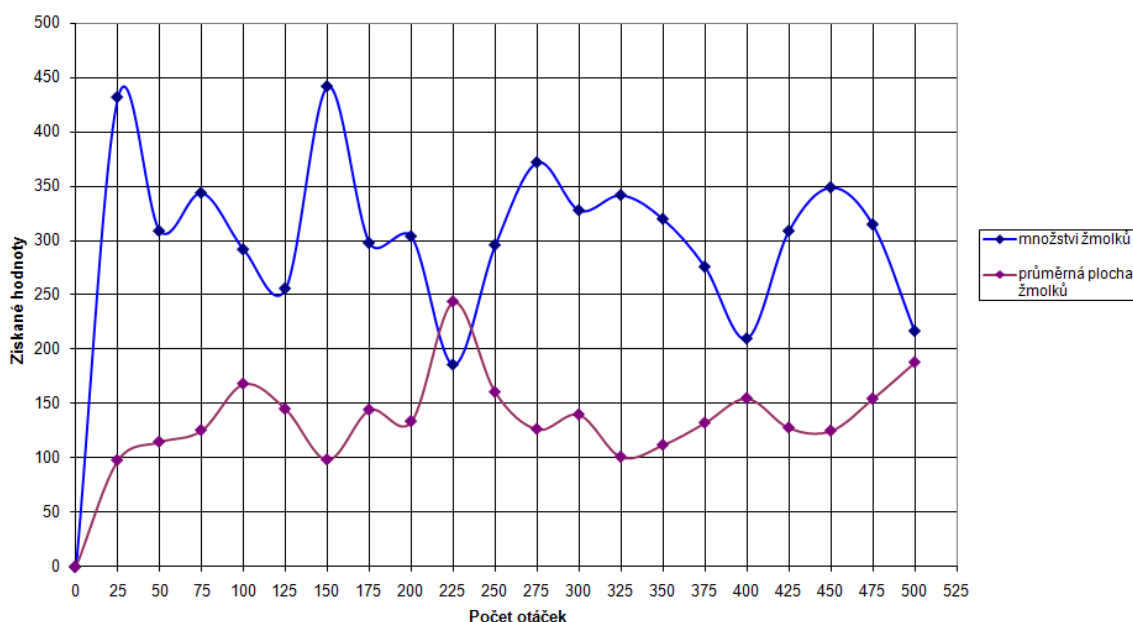


6

**Obrázek 14:** 1 - výřez základního obrázku; 2 - obraz převedený do šedobílé stupnice; 3 - obraz ve stupních šedi se zvýrazněnými žmolky v červené barvě; 4 - binární obraz se zvýrazněnými obvody žmolků; 5 - obraz ve stupních šedi se zvýrazněnými obvody žmolků červenou barvou

Je patrné, že binární obraz obsahuje informaci pouze o pozorovaných objektech (tj. o žmolcích) a nezahrnuje informace o samotné textilií – tzn. její struktuře, případně potisku apod.

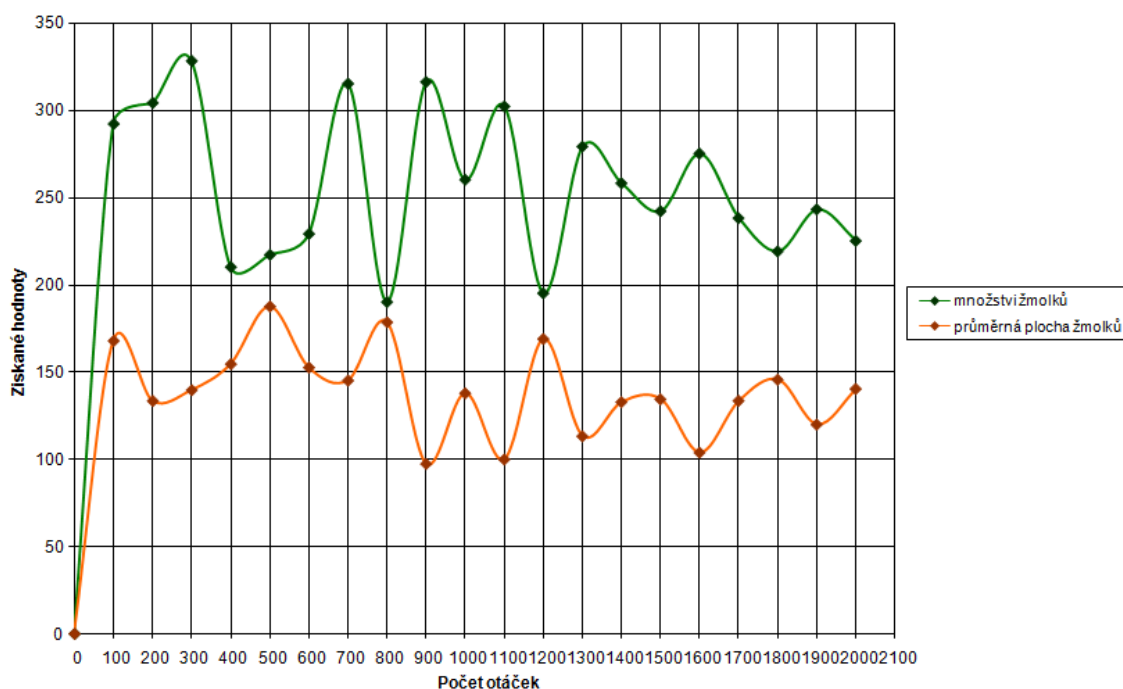
Graf na *Obrázku 15* ukazuje jak se měnil počet a průměrná plocha žmolků v průběhu prvních 500 otáček s intervalem po 25. Je zřetelně vidět, že proces žmolkování je cyklický. Počet a plocha žmolků se neustále zmenšují a zvyšují. Byl zde sledován počet žmolků, jejich průměrná plocha a jejich závislost. Čím větší množství žmolků se nachází na tkanině, tím je jejich plocha menší a naopak. V průběhu simulace žmolkování žmolky se zamotávaly mezi sebou do jednoho velkého žmolku, tím se vysvětlují velké hodnoty průměrné plochy žmolků na grafu. Největší hodnota množství žmolků byla naměřena 442 a nejmenší 186. Tendence počtu žmolků je tady klesající.



**Obrázek 15:** Závislost počtu a průměrné plochy žmolků po prvních 500 otáčkách (interval 25 otáček)

Na *Obrázku 16* je vidět závislost počtu a průměrné plochy žmolků v intervalu 100 otáček. Maximální počet otáček byl stanoven na hodnotu 2000. Maximum množství žmolků je na hodnotě 316, takže při dlouhodobém oděráni počet žmolků značně klesá. S rostoucím počtem otáček klesá celkový počet žmolků a průměrná plocha žmolků se pohybuje kolem své střední hodnoty. Což znamená, že v dlouhodobém horizontu může dojít k úplnému

opotrebení textilie. Z Obr. 16 je vidět, že cykličnost žmolkování na začátku zkoušky je méně opakovatelná, po 500 otáčkách tato opakovatelnost je častější. Periodičnost jednotlivých cyklu žmolkování je stálejší a klesající.

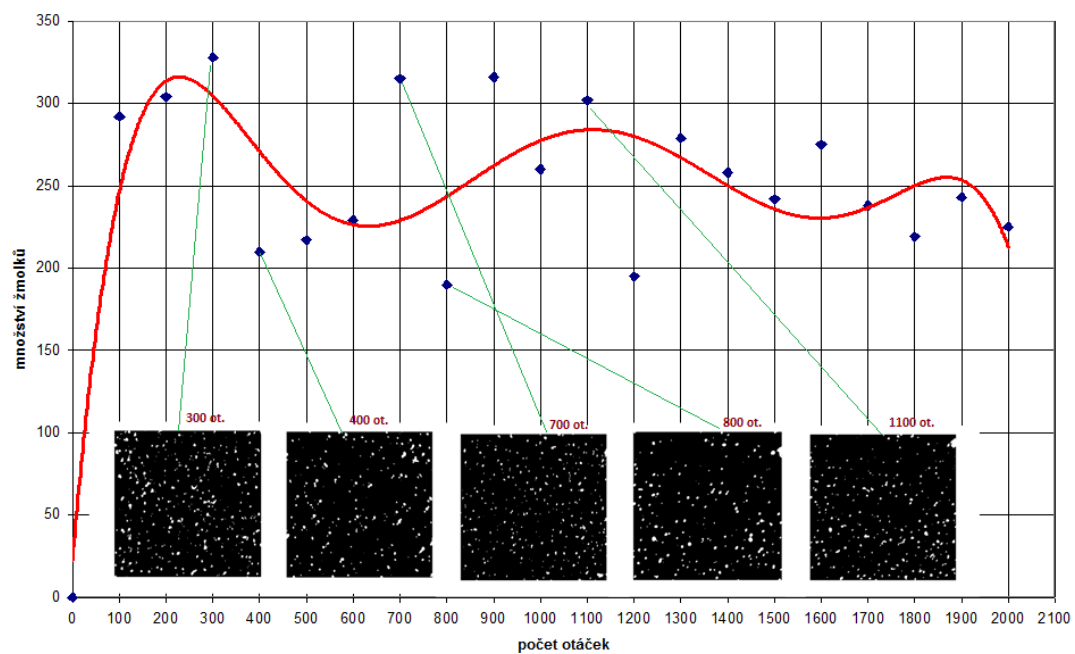


**Obrázek 16: Závislost počtu a průměrné plochy žmolků po 2000 otáčkách (interval 100 otáček)**

Velkou roli při hodnocení nafocených obrazy nepochybně odehrává jejich kvalita. Z nejasného obrazu zpracovávat data je velice nepřesně, naměřené hodnoty neodpovídají skutečnosti, a tím zkreslují celý výsledek. A proto je velmi důležité pečlivě vybírat fotografií pro následné hodnocení popsáním způsobem v této práci.

Jak už bylo dříve zmíněno, pro hodnocení dané textilie bylo použito 4 sady vzorků a každý z nich po určitém počtu otáček se fotil. Pak bylo provedeno třídění pořazených obrazu a z čtyř sérií bylo sestaveno tří. Nevýhodou této metody je to, že není návratná možnost při vyhodnocení sérii fotografií, jestli aspoň jedna je nevyhovující kvality. V tom případě je nutno provést simulace na žmolkování od začátku a pořídit nové fotografie.

Na Obr. 17 jsou uvedení hodnoty množství žmolků po jednotlivých fázích simulace žmolkování a je vykreslen trend procesu žmolkování podle počtu žmolků. K tomu jsou přiloženy binární obrázky textilního vzorků v největších a nejmenších hodnotách. Tady je dobře vidět periodu žmolkování, jak už bylo zmíněno, je klesající



Obrázek 17: Počet žmolků

## Závěr

**Žmolkovitost** je negativní vlastností textilie, která především zhoršuje její estetický vzhled. Hodnocení a předcházení vůči tomuto jevu je velice důležité, neboť žmolkování ovlivňuje kvality výrobku. Cílem této práce bylo potvrdit cykličnost žmolkování bavlněné tkaniny s využitím obrazové analýzy pomocí opticky zjasňujícího prostředku.

Proces žmolkování je cyklický s klesající tendencí, což nasvědčuje, že časem textilie se opotřebovává, což bylo zmíněno i v odborné literatuře. Počet žmolků a jejich průměrná plocha jsou nepřímo úměrně závislé. S růstem počtu žmolků se zmenšuje jejich průměrná plocha a naopak. Při zkoušce obarvená vlákna v **OZP** se zamotávala s neobarvenými vlákny a tím vytvářely žmolek dobře viditelný pod **UV světlem**. Toto umožnilo v prostředí **MATLAB** identifikovat světlé shluky, žmolky podle počtu pixelů a převádět obrazy do různých podob. Následně spočítat řadu parametru, jako jsou množství žmolků, jejich plochu, obvod, určovat statistické charakteristiky variability: minimální a maximální hodnoty studovaných charakteristik, směrodatnou odchylku a variační koeficient. Přesnost výsledků závisí na nastaveném prahu citlivosti v použitém algoritmu. Při filtraci obrázku byly velice malé žmolky, které bylo těžko rozlišovat, brány za šum a do výpočtu se nezařazovali, což také ovlivňuje přesnost hodnocení.

Pomocí objektivního hodnocení žmolkovitosti a funkčně navrženého algoritmu bylo by možné zjišťovat nejen velikost, plochu a obvody žmolků, ale i jejich prostorové uspořádání. Dále by bylo přínosné prozkoumat tvorbu jednotlivých žmolků a ověřit, zda pozice jejich vzniku lze předem určovat, zda cykličnost procesu je prostorově vázaná. V budoucnu tyto informace mohou pomoci lépe studovat jev žmolkovitosti, sledovat závislosti a předcházet vzniku žmolků.



## Literatura

- [1] *Understanding the Science of Pilling: The Untold Story* [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: <http://home.comcast.net/~roadska/alta.pdf>
- [2] HOLLÁ, J.: *Údržba textilního výrobku a jeho životnost*. Liberec 2009. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci.
- [3] VOBOŘILOVÁ J.: *Žmolkovitost úpletů*. Liberec 2009. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci.
- [4] STANĚK, J.: *Nauka o textilních materiálech, díl I., část 4. Vlastností délkových a plošných textilií*. 1. vydání. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1988.
- [5] VIK, M.; VIKOVÁ, M.: *Finální úpravy textilií III* [online]. Technická univerzita v Liberci. Dostupné z: <http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/sylaby/ZUT/ZUT%2015.pdf>
- [6] HORAKOVÁ, K.: *Hodnocení žmolkovitosti s využitím opticky zjasňujícího prostředku*. Liberec 2012. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci.
- [7] MALÍNKOVÁ, A.: *Objektivní hodnocení žmolkovitosti s využitím obrazové analýzy*. Liberec 2011. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci.
- [8] CHIWESHE, A.; CREWS, P. C.: *Influence of Household Fabric Softeners and Laundry Enzymes on Pilling and Breaking Strenght*. Odborná studie [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: <http://www.oneonta.edu/academics/huec/pdf/acarticle1.pdf>
- [9] Žmolkování. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDmolkov%C3%A1n%C3%AD>
- [10] Textilní zkušební ústav, *Zkoušení oděru a žmolkování: metoda Martingale, metoda na přístroji ICI, metoda na komorovém žmolkovacím přístroji* [online]. 2013 [cit. 2013-03-31]. Dostupné z: <http://www.tzu.cz/odery-a-zmolkovani-CZ12399>
- [11] *Žmolkovitost* [online]. Dostupné z: <http://www.kod.tul.cz/predmety/OM/cvi%C4%8Den%C3%AD/MARTINDALE.pdf>
- [12] LUBOŠ, H.; SLUKA, P.: *Úvod do komfortu textilií*. 1.vydání. Liberec 2005. Technická univerzita v Liberci. 8 s. ISBN 80-7083-926-0

- [13] DEMBICKÝ, J.; KRYŠTŮFEK, J.; MACHAŇOVÁ, D.; ODVÁRKA, J., PRÁŠIL, M.; WIENER, J.: *Zušlechťování textilií*. 1. vydání. Liberec 2008. Technická univerzita v Liberci. 53 s. ISBN 978-80-7372-321-7
- [14] ČSN EN ISO 12945-2. *Textilie – zjišťování sklonu plošných textilií k rozvláknění povrchu a ke žmolkování: Část 2: Modifikovaná metoda Martindale*. Praha: Český normalizační institut, 2001.
- [15] ČSN EN ISO 12945-1. *Textilie – zjišťování sklonu plošných textilií k rozvláknění povrchu a ke žmolkování: Část 1: Metoda s použitím žmolkovací komory*. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [16] KRYŠTŮFEK, J.; WIENER, J.; MACHAŇOVÁ, D.: *Barvení textilií II*. 1. vydání. Liberec 2012. Technická univerzita v Liberci. 162 s. ISBN 978-80-7372-796-3
- [17] *Textilie Research Journal, Performance of an Objective Fabric Pilling Evaluation Method* [online]. [cit. 2013-04-10]. Dostupné z: <http://trj.sagepub.com/content/80/16/1648.full.pdf>
- [18] PAŘILOVÁ, H.: *Textilní zbožížnalství – tkaniny*. 3. vydání. Liberec 2005. Technická univerzita v Liberci. 58 s. ISBN 80-7083-974-0
- [19] MRAZÍKOVÁ, I. *Vazby tkanin listové základní, odvozené a složené*. 1. vydání. Liberec 2002. Technická univerzita v Liberci. 42 s. ISBN 80-7083-627-X
- [20] *Journal of The Textile Institute, An integrated Method of feature extraction and objective evaluation of fabric pilling* [online]. [cit. 2013-04-28]. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00405000903396266#.UZpQfbX0HW8>
- [21] MATLAB. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. [cit. 2013-05-03]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/MATLAB>
- [22] MATLAB. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. [cit. 2013-05-03]. Dostupné z: <http://ru.wikipedia.org/wiki/MATLAB>
- [23] PEŠEK J.: *Redakční systémy*. 1. vydání. Liberec 2007. Střední průmyslová škola strojní a elektrotechnická a Vyšší odborná škola v Liberci – Technické lyceum, 14 s.
- [24] *E-nakupovanie e-shop katalog. Odžmolkovač*. [online]. Dostupné z: <http://www.e-nakupovanie.sk/produkt-9068161-odzmolkovac/>

- [25] *Martindale Abrasion Pilling Tester* [online]. Dostupné z: [http://product.madeinchina.com/wholesale-product-image/YG401E-Martindale-Abrasion-Pilling-Tester\\_11356938.shtml](http://product.madeinchina.com/wholesale-product-image/YG401E-Martindale-Abrasion-Pilling-Tester_11356938.shtml)
- [26] *Elektrotechnická měření. Lissajousovy obrazce* [online]. Dostupné z: <http://www.likeova-mereni.g6.cz/index.php?schema=3>
- [27] *Manufacturer of Yarn, Fabric & Dyeing Trstiny Machina, Fabric GSM Cutter* [online]. Dostupné z: <http://www.jkpctexlab.com/fabric-testing-equipments.html>
- [28] *Random Tumble Pilling Tester* [online]. Dostupné z: <http://www.tootoo.com/product/untangler.html>
- [29] *Jinan XingHua Instruments Co., Ltd, ICI Pilling Tester* [online]. Dostupné z: [http://johnxhinstruments.en.ec21.com/ICI\\_Pilling\\_Tester--4014159\\_4014591.html](http://johnxhinstruments.en.ec21.com/ICI_Pilling_Tester--4014159_4014591.html)
- [30] *ATAC, Light Box, VeriVada* [online]. Dostupné z: <http://www.atacmakina.com/?p=171>

## Příloha A – Algoritmus

```
clear, clc, close all

data = [];

for ii = 1:1:36

    I = imread([num2str(ii) '.jpg']);

    % kalibrace 2590px = 90mm -- 1px = 0.0347mm

    rr = 660;

    ss = 1530;

    okno = 1000;

    %figure, imshow(I)

    %rectangle('Position', [ss rr okno okno], 'EdgeColor',
'r', 'LineWidth', 2)

    Ic = I(rr:rr + okno, ss:ss + okno, :);

    IG = Ic;

    %figure, imshow(Ic)

    I1 = uint8(mean(Ic(:, :, 2:3), 3));

    I2 = imadjust(I1);

    %figure, imshow(I2)


    Ivy = I2;

    Ivys(:, :, 2) = I2;

    Ivys(:, :, 3) = I2;

    Ivys2 = Ivys;

    Ibw = im2bw(I2, 0.75);

    %figure, imshow(Ibw)
```

```

Ibw1 = bwareaopen(Ibw, 10);

%figure, imshow(Ibw1)

Ibw2 = imfill(Ibw1, 'holes');

%figure, imshow(Ibw2)

[r s] = find(Ibw2 == 1);

for j = 1:length(r)

    Ivys(r(j), s(j), 1) = 255;

    Ivys(r(j), s(j), 2) = 0;

    Ivys(r(j), s(j), 3) = 0;

end

%figure, imshow(Ivys)


BWL = bwlabel(Ibw2);

parametre = regionprops(BWL, 'Area', 'Centroid',
'Perimeter', 'Eccentricity');

N = max(BWL(:));

C = round(cat(1, parametre.Centroid));

for k = 1:N

    IG(C(k, 2), C(k, 1), 1) = 255;

    IG(C(k, 2), C(k, 1), 2) = 0;

    IG(C(k, 2), C(k, 1), 3) = 0;

end

Si = cat(1, parametre.Area);

Oi = cat(1, parametre.Perimeter);

E = cat(1, parametre.Eccentricity);

D1 = N / (size(IG, 1)*size(IG, 2));

```

```

% zobrazeni zmolku
SE = [0 1 0; 1 1 1; 0 1 0];
IM2 = imerode(Ibw2, SE); %eroze
RR = Ibw2 - IM2;
%figure, imshow(RR, [])
[r c] = find(RR == 1);
for i = 1:length(c)
    Ivys2(r(i), c(i), 1) = 255;
    Ivys2(r(i), c(i), 2) = 0;
    Ivys2(r(i), c(i), 3) = 0;
end
figure, imshow(Ivys2)
data = [data; ii N mean(Si) std(Si) std(Si) / mean(Si) *
100 max(Si) min(Si)];
end
data

```

## Seznam obrázků

OBRÁZEK 1: UKÁZKA ŽMOLKU NA POVRCHU TEXTILIE [8] .....	11
OBRÁZEK 2: UKÁZKA ODŽMOLKOVAČE [24] .....	16
OBRÁZEK 3: PŘÍSTROJ MARTINDALE [25].....	17
OBRÁZEK 4: LISSAJOUSŮV OBRAZEC [26].....	18
OBRÁZEK 5: VYŘEZÁVAČ VZORKŮ [27] .....	19
OBRÁZEK 6: UKÁZKA ETALONŮ [10].....	21
OBRÁZEK 7: KOMOROVÝ ŽMOLKOVACÍ PŘÍSTROJ [28] .....	22
OBRÁZEK 8: ŽMOLKOVACÍ PŘÍSTROJ ICI [29].....	24
OBRÁZEK 9: SCHÉMA SYSTÉMU ANALÝZY OBRAZU (1 - POČÍTAČ, 2 - FOTOAPARÁT, 3 - ŽÁROVKOVÉ OSVĚTLENÍ, 4 - TEXTILNÍ VZOREK) .....	26
OBRÁZEK 10: KOMORA VARIVADE [30] .....	27
OBRÁZEK 11: LÍCNÍ STRANA ZKOUŠENÉ TEXTILIE.....	29
OBRÁZEK 12: KONSTRUKCE ZKOUŠENÉ TEXTILIE .....	30
OBRÁZEK 13: SESTAVA NA FOCENÍ VZORKŮ (1 - ULTRAFIALOVÉ LAMPY, NATOČENÉ SMĚREM KE VZORKŮM; 2 - FOTOAPARÁT; 3 - STATIV PRO UPEVNĚNÍ FOTOAPARÁTU; 4 - ČERNÁ PODLOŽKA; 5 - ZKUŠEBNÍ VZOREK) .....	32
OBRÁZEK 14: 1 - VÝŘEZ ZÁKLADNÍHO OBRÁZKU; 2 - OBRAZ PŘEVEDENÝ DO ŠEDOBÍLÉ STUPNICE; 3 - OBRAZ VE STUPNÍCH ŠEDÍ SE ZVÝRAZNĚNÝMI ŽMOLKY V ČERVENÉ BARVĚ; 4 - BINÁRNÍ OBRAZ SE ZVÝRAZNĚNÝMI OBVODY ŽMOLKŮ; 5 - OBRAZ VE STUPNÍCH ŠEDÍ SE ZVÝRAZNĚNÝMI OBVODY ŽMOLKŮ ČERVENOU BARVOU .....	36
OBRÁZEK 15: ZÁVISLOST POČTU A PRŮMĚRNÉ PLOCHY ŽMOLKŮ PO PRVNÍCH 500 OTÁČKÁCH (INTERVAL 25 OTÁČEK) .....	36
OBRÁZEK 16: ZÁVISLOST POČTU A PRŮMĚRNÉ PLOCHY ŽMOLKŮ PO 2000 OTÁČKÁCH (INTERVAL 100 OTÁČEK) .....	37
OBRÁZEK 17: POČET ŽMOLKŮ.....	38

## Seznam tabulek

TABULKA 1: FÁZE TVORBY ŽMOLKU [3] .....	12
TABULKA 2: KATEGORIE ŽMOLKOVITOSTI PRO PŘÍSTROJ MARTINDALE [14] .....	20
TABULKA 3: STUPNĚ HODNOCENÍ ŽMOLKOVITOSTI NA PŘÍSTROJI MARTINDALE [14] .....	21
TABULKA 4: STUPNĚ HODNOCENÍ ŽMOLKOVITOSTI NA KOMOROVÉM ŽMOLKOVACÍM PŘÍSTROJI [7] .....	23
TABULKA 5: CHARAKTERISTIKA ZKOUŠENÉ TKANINY .....	30
TABULKA 6: CHARAKTERISTIKA OPTICKY ZJASŇUJÍCÍHO PROSTŘEDKU RYLUX BA TEK [6] .....	31